



Valeur nutritionnelle pour le poulet en croissance, de cinq amyliacés tropicaux en relation avec quelques caractéristiques physico-chimiques de leur amidon

O. Szylit, L. P. Borgida, H. Bewa, R. Charbonnière, J. Delort-Laval

► To cite this version:

O. Szylit, L. P. Borgida, H. Bewa, R. Charbonnière, J. Delort-Laval. Valeur nutritionnelle pour le poulet en croissance, de cinq amyliacés tropicaux en relation avec quelques caractéristiques physico-chimiques de leur amidon. *Annales de zootechnie*, 1977, 26 (4), pp.547-563. hal-00887777

HAL Id: hal-00887777

<https://hal.science/hal-00887777>

Submitted on 11 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Valeur nutritionnelle pour le poulet en croissance, de cinq amyliacés tropicaux en relation avec quelques caractéristiques physico-chimiques de leur amidon

O. SZYLIT (*), L. P. BORGIDA, H. BEWA (*), R. CHARBONNIÈRE (***)
et J. DELORT-LAVAL (**)

(*) Laboratoire d'Écologie Microbienne
Centre national de Recherches zootechniques, I.N.R.A.,
78350 Jouy-en-Josas, (France)

(**) Laboratoire de Technologie des Aliments des Animaux, I.N.R.A.,
Chemin de la Géraudière, 44072 Nantes Cedex (France)

(***) Laboratoire de Technologie Alimentaire, I.N.R.A.
Cerdia, 91305 Massy (France)

Résumé

Une expérience poursuivie sur des poulets en croissance (souche 1-99) a eu pour but d'évaluer l'efficacité alimentaire de 5 tubercules tropicaux en fonction des caractéristiques physico-chimiques de leur amidon. Le manioc, le taro et l'igname *dumetorum* ont en commun, des grains d'amidon de faible diamètre (1 à 12 μm), pauvres en amylose (8 à 17 p. cent) et un spectre de diffraction aux rayons X de type A qui les apparente aux amidons de céréales. Le Canna et l'igname *cayenensis* ont des grains d'amidon beaucoup plus gros (60 à 75 μm), un taux d'amylose élevé (26 p. cent) et un spectre de type B comme celui de la féculé de pomme de terre.

La sensibilité *in vitro* de ces amidons à l'action de l' α -amylase de *B. subtilis* décroît dans l'ordre suivant : manioc-igname *dumetorum*-taro-Canna-igname *cayenensis*.

Pour les poulets recevant, entre 3 et 6 semaines, les tubercules incorporés dans des régimes isoprotéiques et isoamidon, on observe avec les quatre premiers régimes des gains de poids moyens peu différents (respectivement 40, 36, 37 et 36 g/jour) mais des consommations journalières variables (82, 83, 99 et 91 g/jour). Le régime à base d'igname *cayenensis* donne la plus mauvaise croissance (12 g/jour) et est le moins bien consommé (64 g/jour).

Les amidons de type A sont tous totalement digérés (98 p. cent). Les amidons de type B sont moins bien utilisés (90 p. cent pour le Canna; 69 p. cent pour l'igname *cayenensis*). Il en découle des différences au niveau du coefficient d'utilisation pratique de l'azote des régimes.

En conclusion, aucun des paramètres physico-chimiques ou enzymatiques que nous avons considérés, ne peut, à lui seul, constituer un critère de classement de la valeur nutritionnelle d'un amidon. Cependant, une petite taille des grains, un faible taux d'amylose, un spectre de diffraction de type A sont des éléments favorables à une bonne utilisation digestive de l'amidon. Il apparaît de plus que l'efficacité alimentaire (ingéré/gain de poids) du tubercule est plus spécialement en liaison avec la vitesse d'amyolyse *in vitro* de l'amidon.

Introduction

L'utilisation nutritionnelle d'un amidon natif varie dans le même sens que sa sensibilité *in vitro* à l'action de l'amylase de *B. subtilis*. Ainsi, il est bien connu que l'amidon de pomme de terre crue, peu sensible à l'action d'alpha-amylases bactériennes (BAKER *et al.*, 1950) est également peu digestible en l'état par le poulet (MASSON, 1954) et les vrais monogastriques (LANGWORTHY et DEUEL, 1920; ZELTER, CHARLET-LERY et DELORT-LAVAL, 1966). Plus récemment, il a été observé qu'un amidon d'amylomaïs, également peu sensible *in vitro* aux mêmes amylases, est aussi mal utilisé par le poulet (SZYLIT, DELORT-LAVAL et BORGIDA, 1974).

Or, la dégradation alpha-amylasique du grain d'amidon dépend étroitement de l'accessibilité de ses régions amorphes aux enzymes et de l'importance des liaisons hydrogène interchaînes qui assurent la cohésion des régions cristallines (MERCIER, 1968). Il semble donc que l'on puisse invoquer comme caractéristiques physiques facilement accessibles à l'analyse et susceptibles d'intervenir sur l'utilisation nutritionnelle d'un amidon, la taille des grains, les proportions respectives de chaînes anhydroglucose linéaires et ramifiées qui les constituent, l'organisation de leur fraction cristalline.

Les relations de chacune de ces caractéristiques avec l'efficacité nutritionnelle d'un amidon ne sont pas clairement établies. C'est ainsi que les amidons de pomme de terre et de maïs riches en amylose, reconnus peu digestibles par le poulet, sont cependant constitués de grains dont la forme, la taille et la teneur en amylose sont très différentes. Par contre, leur organisation cristalline est la même, pour autant que permette d'en juger l'identité de leurs spectres de diffraction, de type B dans les deux cas.

D'autre part, les résultats de l'utilisation nutritionnelle d'un même amyloacé apparaissent parfois contradictoires. C'est notamment le cas pour le manioc, dont la farine est la plus utilisée en alimentation animale et passe pour permettre une bonne croissance des poulets (SQUISS et WILD, 1951; Dictionnaire des aliments pour animaux, 1965). Pourtant, d'après une revue bibliographique récente (N.A.R., 1974), des doutes subsistent quant à l'efficacité de cet aliment. Ainsi pour certains auteurs (TABOYONG, 1935; TORRES, 1935; VOGT et STUTE, 1963), le manioc est mal utilisé par le poulet et ne peut remplacer le maïs qu'au taux de 10 p. cent, alors que pour d'autres (PALISSE et BARATOU, 1973, la substitution du manioc ou de la patate douce à 30 p. cent de blé ou de maïs, n'a pas de répercussion sur sa croissance. On peut toutefois se demander dans quelle mesure les caractéristiques propres de l'amidon natif de manioc interviennent seules dans les résultats rapportés, car d'éventuelles altérations de ses grains sont susceptibles de se produire au cours de la récolte et de la fabrication de l'aliment et modifier la valeur alimentaire (ATINKPAHOUN, 1972). De plus, la variété utilisée, non spécifiée, pourrait également jouer un rôle.

Afin d'essayer de préciser les rapports entre les caractéristiques mentionnées et la valeur nutritionnelle de régimes différant par l'origine des amyloacés qui les constituent, nous avons étudié la croissance de poulets nourris de régimes à base de tubercules amyloacés de végétaux divers : manioc (*Manihot utilissima*), igname (*Dioscorea sp.*), taro (*Colocasia antiquorum*), Canna (*Canna edulis*). Bien que, dans le cas du manioc, il s'agisse d'une racine et non d'un tubercule, ce dernier terme sera cependant employé dans tous les cas pour raison de simplification.

Les ignames cultivées comprennent de nombreuses espèces et variétés, de

sorte que leurs tubercules peuvent avoir des compositions glucidiques et protidiques variables (SPLITSTOESSER, MARTIN et RHODES, 1973). Mais tous possèdent des protéines riches en acides aminés indispensables, les soufrés excepté, et des taux de matières azotées qui sont loin d'être négligeables (6 à 13 p. cent), d'où leur emploi habituellement réservé à l'alimentation humaine. Dans le présent travail, les tubercules d'ignames retenus sont ceux de *Dioscorea dumetorum* et *Dioscorea cayenensis*.

Les tubercules de taro ne servent également qu'à l'alimentation humaine. Par contre, ceux de canna ont été expérimentés avec de bons résultats sur les bovins et les porcs (SZABUNIEWICZ, 1953; LE DIVIDICH (*).

En dehors des quelques utilisations citées, la littérature ne fournit pratiquement pas de données sur la valeur nutritionnelle de ces divers tubercules pour la volaille.

Matériel et méthodes

I. — Origine des tubercules utilisés et mode de préparation des régimes alimentaires

Les tubercules d'ignames sont récoltés au Cameroun et ceux de taro et de canna à la Guadeloupe : ils sont coupés en cossettes qui sont ensuite séchées à l'air chaud (70°) pendant une nuit. Les « tubercules » de manioc proviennent du Malawi et sont fournis industriellement sous forme de cossettes séchées.

Les régimes sont préparés en incorporant les cossettes sèches et broyées à un aliment équilibré en tenant compte de leurs teneurs en amidon, en azote total et de leur composition en acides aminés (tabl. 1), déterminées respectivement suivant les méthodes d'EWERS (1972), de KJELDAHL et de MOORE, SPACKMANN et STEIN (1958). Ces régimes (tabl. 2) ont été fournis aux animaux sous forme de granulés de 2,5 mm de diamètre et d'environ 1 cm de longueur, obtenus par pressage à froid des mélanges à travers une filière, en veillant à ce que la température n'excède jamais 60 °C.

II. — Caractérisation des amidons

L'amidon de chaque tubercule a été caractérisé par :

— son aspect morphologique (taille et forme des grains), déterminé par examens de microscopie photonique effectués en lumière normale et polarisée sur les grains en suspension alcoolique;

— son spectre de diffraction de rayons X, réalisé selon une méthode déjà décrite (CHARBONNIÈRE *et al.*, 1968);

— sa teneur en amylose, déterminée par la méthode de titration ampérométrique de BEMILLER (1964);

— sa sensibilité à une amyolyse *in vitro* effectuée selon la méthode de MERCIER (1968) et conformément à un protocole déjà décrit (SZYLIT, DELORT-LAVAL et BORGIDA, 1974).

(*) Communication personnelle.

TABLEAU I

*Composition en acides aminés, matières azotées totales et amidon des tubercules tropicaux**Amino acid, crude protein and starch composition of some tropical tubers*

	Manioc	Taro	Igname <i>cayenensis</i>	Igname <i>dumetorum</i>	Canna
Acides aminés <i>Amino acids</i> (g/16 g N)					
Acide aspartique - <i>Aspartic acid</i>	7,9	12,4	10,9	11,9	17,0
Thréonine.	3,6	3,9	3,4	4,5	4,8
Sérine	4,2	5,6	4,6	5,2	4,8
Acide glutamique - <i>Glutamic acid</i>	17,5	13,8	11,8	10,8	12,2
Proline	3,1	4,2	3,1	3,3	3,3
Glycine.	4,0	5,0	3,5	4,9	4,5
Alanine.	6,8	5,9	3,7	4,6	4,6
Valine	4,4	5,2	3,8	5,2	5,2
Isoleucine.	3,2	3,4	3,2	4,0	4,0
Leucine.	6,1	7,3	5,6	7,4	6,9
Tyrosine	2,7	4,3	3,1	5,3	4,0
Phénylalanine	3,5	5,5	4,2	4,1	3,8
Lysine	4,8	4,3	4,4	4,9	4,3
Histidine	1,6	2,0	1,9	2,8	1,5
Arginine	7,1	7,7	9,8	7,0	4,6
Méthionine	0,9	2,3	1,4	1,5	1,4
Cystine	1,4	3,9	1,1	1,6	1,3
Matières azotées totales (N × 6,25) p. cent MS - <i>Total crude protein (p. cent DM)</i>	1,54	4,26	8,04	10,93	5,58
Amidon p. cent MS - <i>Starch p. cent DM</i>	85,0	76,8	70,0	68,5	75,0

Dans chaque aliment granulé, l'état de l'amidon a été défini par des examens de microscopie photonique et sa sensibilité à une alpha-amylolyse *in vitro* a été de nouveau déterminée.

III. — *Tests biologiques*

Ces tests concernent le contrôle de la croissance des animaux, les bilans digestifs d'amidon et la rétention azotée. Le critère d'efficacité alimentaire retenu est l'indice de consommation, c'est-à-dire la quantité d'aliment consommé rapportée au gain de poids.

TABLEAU 2

*Composition centesimale des régimes**Composition of diets (p. cent)*

Régimes <i>Diets</i>	Manioc <i>Cassava</i>	Taro <i>Taro</i>	Igname <i>dumetorum</i> <i>Yam</i> <i>dumetorum</i>	Igname <i>cayenensis</i> <i>Yam</i> <i>cayenensis</i>	Canna
Tubercule - <i>Tuber</i>	57,2	61,0	70,0	70,0	62,0
Tourteau d'arachide - <i>Peanut meal</i>	34,8	31,5	22,0	26,5	30,5
Huile d'arachide - <i>Peanut oil</i> . .	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Cellulose de bois - <i>Wood cellulose</i>	0,5	—	0,5	—	—
Composé minéral - <i>Mineral mixture</i> (*)	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Composé vitaminique - <i>Vitamin mixture</i> (*)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
L, Lysine HCl.	0,50	0,39	0,35	0,34	0,40
dL, Méthionine	0,34	0,15	0,35	0,26	0,20
L, Thréonine	0,19	0,11	0,04	0,11	0,12
Amidon (p. cent MS) - <i>Starch</i> (p. cent DM)	48,6	46,9	49,0	46,2	46,5
Matières azotées totales p. cent MS - <i>Crude protein</i> p. cent DM	18,0	18,0	17,9	18,0	17,6

(*) Formule décrite dans (sec) SZYLIT, DELORT-LAVAL et BORGIDA(1974).

a) *Croissance*

Les gains de poids de coquelets (souche 1-99) placés en cages individuelles sont mesurés entre trois et six semaines d'âge. Les poulets sont mis en lots comparables sur la base du poids vif et du gain de poids pendant les deux semaines qui précèdent l'essai. Des difficultés rencontrées dans l'approvisionnement en tubercules ont imposé le nombre réduit de sept animaux par régime, la durée abrégée du test, trois semaines au lieu de quatre habituellement, et n'ont pas permis d'effectuer les bilans d'amidon dans le cas des poulets nourris au taro.

b) *Bilans d'amidon et d'azote*

A la suite du test de croissance, trois poulets de chaque lot (sauf le lot nourri au taro) sont maintenus trois jours en cage individuelle et reçoivent une même quantité d'aliment. Les refus sont pesés. Les excreta sont lyophilisés et analysés pour leur teneur en amidon et azote, selon les méthodes déjà décrites pour l'analyse de l'aliment.

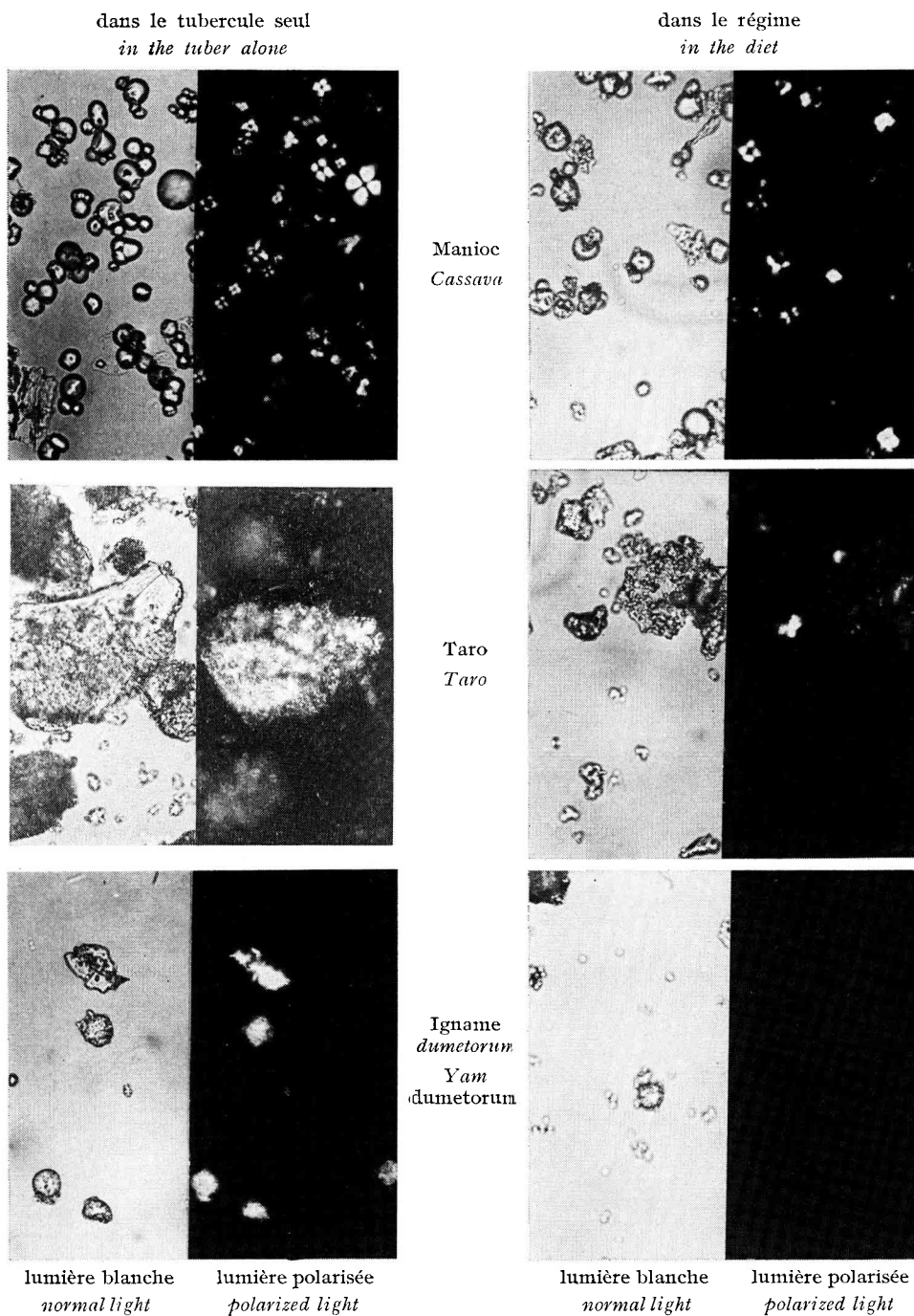


FIG. 1a. — Examen microscopique de grains d'amidon de tubercules de type A.
Photomicrographs of starch granules in tuber of the A type.

Résultats

I. — Caractéristiques des grains d'amidon

a) Aspect morphologique

Suivant l'origine des tubercules, les tailles des grains d'amidon varient notablement (fig. 1a et 1b). Les plus petits sont sphériques et s'observent chez le taro (diamètre inférieur au micromètre) et chez l'igname *dumetorum* (1 à 2 μ m). Souvent ces petits grains sont groupés dans des cellules. Les grains d'amidon de manioc

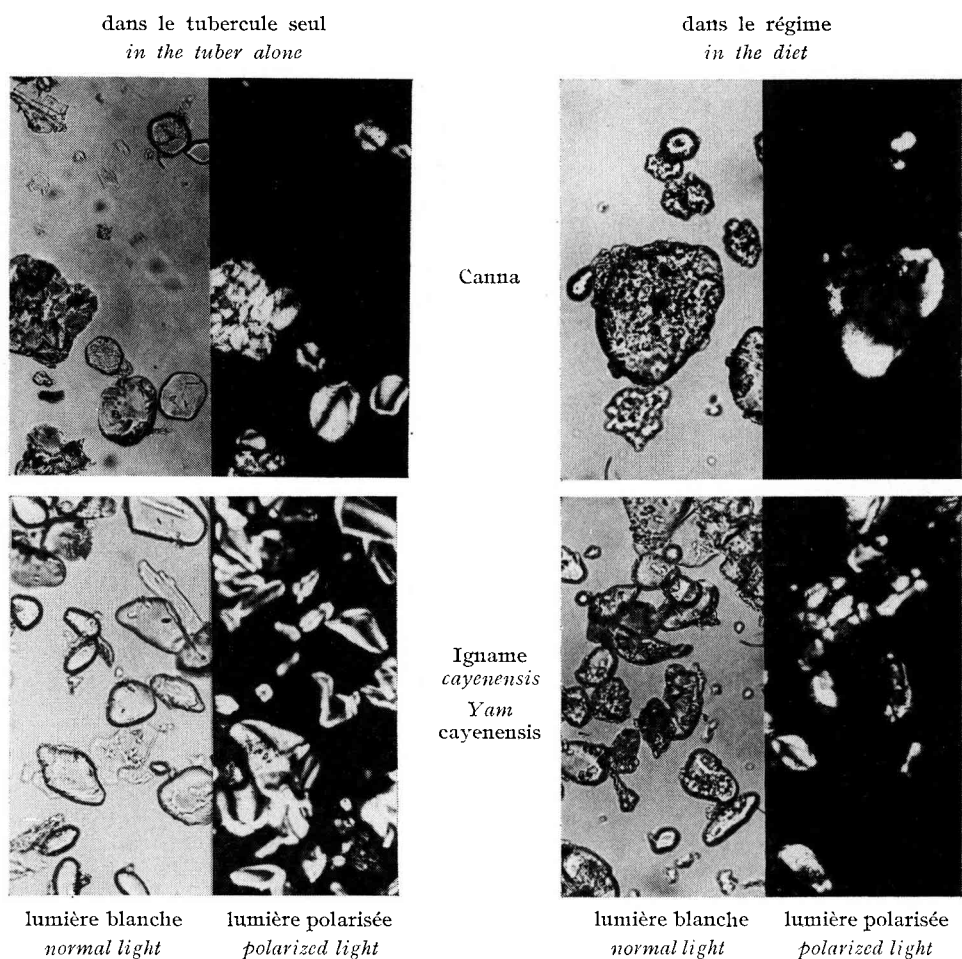


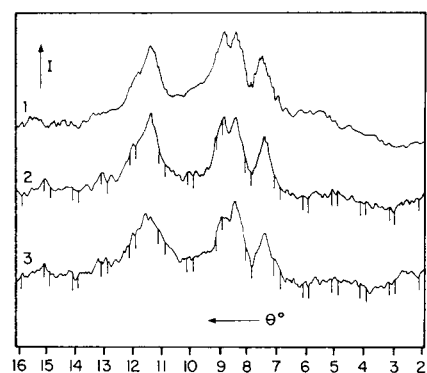
FIG. 1b. — Examen microscopique des grains d'amidon des tubercules de type B.
Photomicrographs of starch granules in tuber of the B type

sont sphériques ou ovales, les formes étant souvent tronquées; ils sont de taille moyenne (12 μm) et présentent tous un hile central. Ceux de l'igname *cayenensis* se distinguent par leur forme ovoïde, avec un hile excentré, et leur taille importante (75 μm environ); l'irrégularité de la croix de polarisation à laquelle ils donnent lieu témoigne d'une surface de grain à nombreuses arêtes. Les grains d'amidon de Canna sont de forme arrondie et régulière et de taille également importante (60 μm).

L'examen microscopique des aliments granulés à base de taro ou d'igname *dumetorum* montre que la granulation fait éclater les parois cellulaires englobant les grains d'amidon. Dans le cas des granulés à base de manioc, d'igname *cayenensis* ou de Canna, elle entraîne un gonflement et une déformation des grains d'amidon, particulièrement ceux du Canna dont l'examen en lumière polarisée montre nettement que certains d'entre eux sont très endommagés.

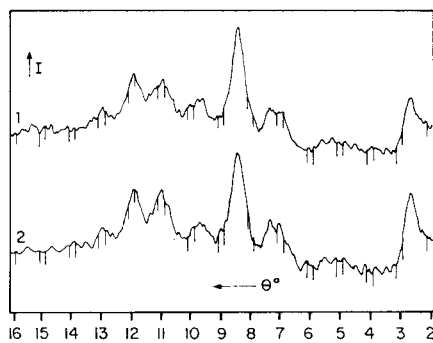
b) Organisation cristalline

Les amidons d'igname *cayenensis* et de Canna donnent lieu à un même spectre de diffraction de rayons X, le spectre de type B (fig. 2a). Par contre, ceux de manioc, de taro et d'igname *dumetorum* donnent lieu à des spectres de type A (fig. 2b).



Amidon de type A — Type A starches.

1. Manioc (*Cassava*).
2. Taro (*Taro*).
3. Igname *dumetorum* (*Yam dumetorum*).



Amidon de type B — B type starches.

1. Igname *cayenensis* — *Yam cayenensis*.
2. Canna.

FIG. 2. — Spectres de diffraction aux rayons X des amidons de tubercules
X-ray diffraction patterns of tuber starches.

c) Teneur apparente en amylose

Les teneurs apparentes en amylose des amidons de l'igname *cayenensis* et du Canna sont très voisines et relativement élevées (respectivement 26,9 et 26,7 p. cent de la masse d'amidon sec); celles des amidons de l'igname *dumetorum* et du taro sont toutes deux de même ordre, mais nettement plus basses que les précédentes (10,0 et 8,8 p. cent). La teneur en amylose de l'amidon de manioc est intermédiaire (16,8 p. cent).

d) Sensibilité de l'amidon dans le tubercule et dans l'aliment granulé à une α -amylolyse bactérienne in vitro

Par ordre de sensibilité décroissante à une α -amylolyse bactérienne pratiquée in vitro sur les tubercules, les amidons considérés se classent comme suit : manioc, igname *dumetorum*, Canna, taro, igname *cayenensis* (fig. 3).

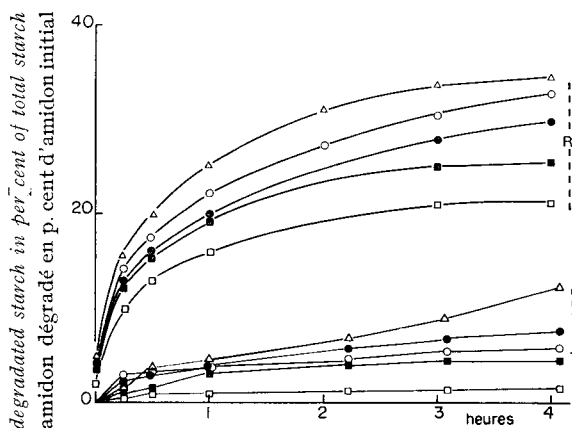


FIG. 3. — α -amylolyse in vitro des amidons de tubercules.

In vitro α -amylolysis of tuber starches.

- T = dans le tubercule — In the tuber.
 R = dans le régime — In the diet.
 Δ Manioc — Cassava.
 ● Igname *dumetorum* — Yam *dumetorum*.
 ○ Canna
 ■ Taro — Taro.
 □ Igname *cayenensis* — Yam *cayenensis*.

TABLEAU 3

Quantité d'amidon dégradé in vitro en 4 heures d'hydrolyse par l' α -amylase de *B. subtilis* exprimée en p. cent de la teneur en amidon du tubercule

In vitro break down of tubers starches (p. cent) within a 4 hours hydrolysis by α -amylase of *B. subtilis*

Tubercule Tuber	Manioc Cassava	Igname <i>dumetorum</i> Yam <i>dumetorum</i>	Canna	Taro	Igname <i>cayenensis</i> Yam <i>cayenensis</i>
Isolé - Alone	13	8	6	5	1,5
Incorporé au régime - In the diet.	34	30	32	25	21

Dans les aliments granulés, ces amidons apparaissent notablement plus sensibles à l'action amylolytique et on observe une inversion de classement entre l'amidon de Canna et celui de l'igname *dumetorum* (fig. 3). Une appréciation quantitative des altérations subies par les grains d'amidon au cours du traitement de granulation des aliments est fournie par la comparaison des taux de dégradation des amidons dans les tubercules et dans les aliments granulés, estimés par les quantités de glucides alcoolosolubles libérés en quatre heures d'hydrolyse (tabl. 3).

II. — Efficacité nutritionnelle des tubercules

a) Croissance des animaux

Les courbes de croissance des poids moyens des animaux en fonction de la durée des essais montrent (fig. 4) qu'à la fin de la deuxième semaine les gains de poids avec les régimes à base de manioc, de taro, d'igname *dumetorum* et de Canna

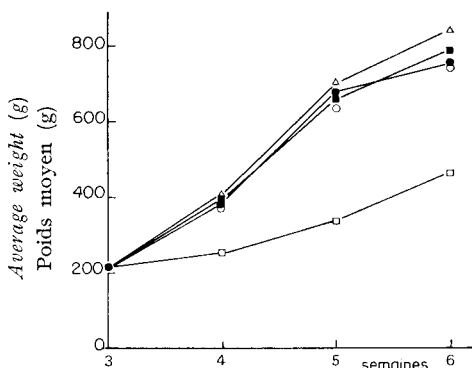


FIG. 4. — Évolution du poids moyen des coquelets entre 3 et 6 semaines ($n = 7$), en fonction du régime.

Average weight gain of chickens between 2 and 6 weeks ($n = 7$) according to diets.

Tubercules de base des régimes — Diets containing.

- Δ Manioc — Cassava.
- Taro — Taro.
- Igname *dumetorum* — Yam *dumetorum*.
- Canna
- Igname *cayenensis* — Yam *cayenensis*.

sont de même ordre, soit une augmentation du poids initial de 200 p. cent. Par contre, avec le régime à base d'igname *cayenensis*, le gain de poids n'est que d'environ 50 p. cent. A la fin de la troisième semaine, les poids moyens se rapportant aux quatre premiers régimes diffèrent un peu, mais les écarts n'atteignent pas 10 p. cent. Avec le dernier régime, la croissance reste mauvaise, le gain de poids étant de l'ordre de 100 p. cent contre au moins 250 p. cent avec les autres régimes, par rapport au poids initial.

Même lorsque les croissances sont de même ordre, la consommation des régimes est variable, plus élevée avec ceux à base de taro ou de Canna qu'avec ceux à base d'igname *dumetorum* ou, surtout, de manioc. Le régime à base d'igname *cayenensis* est de beaucoup le moins consommé (tabl. 4).

TABLEAU 4

*Croissance des poulets et efficacité alimentaire des régimes (m ± sm)**Growth of chickens and feed efficiency of diets*

	Gain de poids g/jour (GP) <i>Weight gain (g/day)</i>	Consommation g MS/jour (C) <i>DM intake (g/day)</i>	Indice de consom- mation (C)/(GP) <i>Feed conversion ratio</i>
Manioc - <i>Cassava</i>	40,0 ^a	82,3 ^c ± 3,1	2,10 ^a ± 0,13
Taro	37,3 ^b	99,5 ^a ± 3,9	2,70 ^a ± 0,17
Igname <i>dumetorum</i> - <i>Yam du-</i> <i>metorum</i>	36,0 ^b	83,4 ^c ± 2,6	2,38 ^a ± 0,16
Canna	36,1 ^b	91,3 ^b ± 2,2	2,53 ^a ± 0,08
Igname <i>cayenensis</i> - <i>Yam caye-</i> <i>nensis</i>	12,4 ^c	63,6 ^d ± 2,5	6,64 ^b ± 1,90

Les moyennes accompagnées de la même lettre, ne diffèrent pas significativement ($P < 0,05$).
Means followed by the same letter are not significantly different (PC < 0,05).

Le régime à base de manioc est donc le mieux utilisé. En prenant pour référence son indice de consommation, ceux des autres régimes sont supérieurs de 12,8 p. cent avec l'igname *dumetorum*, 28 p. cent avec le taro et le Canna, 166 p. cent avec l'igname *cayenensis*.

TABLEAU 5

*Bilans digestifs de l'amidon et rétention azotée (moyennes journalières pour 3 animaux)**Digestive balances of starch and nitrogen retention (daily means for 3 animals)*

Régimes <i>Diets</i>	M.S. ingérée <i>DM intake</i>	AMIDON STARCH			AZOTE NITROGEN		
		Ingéré (g) <i>Ingested</i>	Excrété (g) <i>Excreted</i>	CUD (p. cent) <i>digesti-</i> <i>bility</i>	Ingéré (g) <i>Ingested</i>	Excrété (g) <i>Excreted</i>	CUP (p. cent) <i>retained</i>
Manioc - <i>Cassava</i>	114	55,4	0,50	99,1	3,27	1,44	55,8
Igname <i>dumeto-</i> <i>rum</i> - <i>Yam du-</i> <i>metorum</i> . . .	137	67,0	1,85	97,2	3,92	1,95	50,2
Canna	164	76,3	7,60	90,0	4,62	2,27	51,0
Igname <i>cayenensis</i> - <i>Yam cayenen-</i> <i>sis</i>	84	38,7	12,20	68,6	2,41	1,70	29,5

b) *Digestion de l'amidon et bilan azoté*

Les bilans digestifs des amidons (tab. 5) indiquent que ceux de manioc et d'igname *dumetorum* sont à peu près totalement digérés, alors que l'amidon de Canna ne l'est qu'à 90 p. cent. Quant à l'igname *cayenensis*, 30 p. cent de son amidon est indigestible.

Le coefficient d'utilisation pratique de l'azote varie suivant les régimes (tabl. 5) : il est relativement élevé avec le manioc (56 p. cent), sensiblement plus faible avec le Canna et l'igname *dumetorum* (50-51 p. cent), et particulièrement bas avec l'igname *cayenensis* (29 p. cent).

Discussion et conclusion

Bien que les amidons des tubercules de manioc, d'igname *dumetorum*, de taro et de Canna n'aient pas les mêmes caractéristiques physiques, les régimes constitués avec ces tubercules donnent dans nos conditions expérimentales des réponses nutritionnelles similaires si l'on considère uniquement la vitesse de croissance. Toutefois, des différences apparaissent si l'on s'intéresse, à l'efficacité alimentaire de chaque régime qui tient compte de la consommation de l'aliment, ou encore au coefficient d'utilisation de l'amidon lié à sa sensibilité aux alpha-amylases (tabl. 6). Quant au régime à base de tubercules d'igname *cayenensis*, il donne des résultats nettement moins bons, alors que le taux de dégradation amylo-

TABLEAU 6

Comparaison entre différents critères physico-chimiques et la valeur nutritionnelle de l'amidon
Comparison between various physico-chemical criteria and nutritional value of starch

Tubercule <i>Tuber</i>	Valeur nutritionnelle <i>Nutritional value</i>		Caractéristiques structurales de l'amidon <i>Structural characteristics of starch</i>			
	Indice de consom- mation <i>Feed conver- sion ratio</i>	CUD Amidon <i>Starch digesti- bility</i>	Taille (μ m) des grains <i>Size of granules</i>	Type de spectre <i>Spectrum type</i>	Taux d'amylose <i>Amylose level</i>	Amidon facilement attaquable <i>Easily atta- ched starch</i>
Manioc - <i>Cassava</i>	2,10	99,1	12	A	16,8	13
<i>I. dumetorum</i> - « Yam dumeto- rum	2,38	97,2	1-3	A	13,4	8
Canna.	2,53	90,0	60	B	26,9	6
Taro - <i>Taro</i> . . .	2,70	—	1	A	8,8	5
<i>I. cayenensis</i> - Yam <i>cayenensis</i> . . .	6,64	68,6	75	B	26,7	1,5

lytique *in vitro* de l'amidon de ces tubercules est voisin de celui de l'amidon des tubercules de taro pourtant beaucoup mieux utilisés *in vivo*.

Pour tenter de relier l'efficacité alimentaire d'un amidon aux critères physico-chimiques retenus pour le caractériser, examinons séparément l'influence éventuelle de chaque paramètre :

a) Taille des grains

Si l'on se limite à la comparaison des valeurs nutritionnelles des tubercules d'ignames, nos résultats s'accordent avec ceux de RASPER (1969), qui trouve que la digestibilité *in vitro* du grain d'amidon est d'autant plus élevée que sa taille est plus petite. En effet, l'amidon de l'igname *dumetorum*, à grains à 1 μm est beaucoup mieux digéré que celui de l'igname *cayenensis*, à grains de 70 μm . Dans le même ordre d'idées, MASON et PALMER (1973) trouvent que le grain d'amidon de l'igname *alata*, voisin par la taille de celui de l'igname *cayenensis* (RASPER et COURSEY, 1967) n'est pas digestible par le rat. D'autre part, le grain d'amidon de *Canna edulis*, décrit par KAY (1973) comme étant de grande taille (145 μm), est peu digestible *in vitro* (3 p. cent) sous l'action de la pancréatine. La variété que nous avons étudiée, constituée de grains deux fois plus petits, est beaucoup mieux digérée, tant *in vitro* qu'*in vivo*.

Cependant, la différence entre les valeurs nutritionnelles des aliments à base d'igname *cayenensis* et de Canna, par ailleurs comparables par l'organisation de leur structure cristalline (spectres de type B), ne semble pas explicable par le seul facteur taille. Entre autres facteurs susceptibles d'intervenir, on peut encore invoquer l'étendue des distributions de tailles des grains d'amidon, la forme de ces grains qui peut, semble-t-il, conditionner la pénétration de l'enzyme (GALLANT *et al.*, 1974), puisque les amidons de formes peu régulières (igname *cayenensis*, amylo-maïs) apparaissent comme les moins digestibles.

b) Organisation cristalline

Les amidons ayant une organisation cristalline à spectre de type A (manioc, igname *dumetorum*, taro) sont tous bien digérés, alors que ceux dont l'organisation cristalline est à spectre de type B (Canna, igname *cayenensis*) sont moins bien utilisés, mais avec des efficacités variables, le coefficient d'utilisation digestive passant de 90 pour le Canna à 69 pour l'igname *cayenensis*.

Ces résultats relatifs à des amidons de tubercules sont à rapprocher de ceux obtenus avec des amidons de céréales : l'amidon de maïs normal, à spectre de type A, est digestible à 99 p. cent, alors que celui d'amylo-maïs, à spectre de type B, ne l'est qu'à 76 p. cent (SZYLIT, DELORT-LAVAL et BORGIDA, 1974). Ces concordances incitent à poursuivre plus avant l'étude de la relation entre organisation cristalline et utilisation digestive.

c) Teneur en amylose

Les amidons les moins digestibles (Canna, igname *cayenensis*) sont précisément ceux ayant les teneurs en amylose les plus élevées, correspondance que l'on retrouve dans le cas d'un amylo-maïs. Cependant, cette relation ne saurait être

généralisée puisque l'amidon de pomme de terre est également peu digestible par le poulet alors que sa teneur en amylose est seulement de l'ordre de 19 p. cent pour les espèces les plus communément utilisées.

d) *Sensibilité aux amylases*

L'efficacité nutritionnelle des tubercules et le coefficient d'utilisation digestive de leur amidon augmentent avec la proportion d'amidon facilement dégradable *in vitro* par l'alpha-amylase bactérienne. Par contre, dans le cas d'amidons de maïs à différentes teneurs en amylose, c'est le test d'amyolyse effectué avec un mélange d'alpha-amylases bactérienne et pancréatique qui rend le mieux compte de leur digestibilité et de leur efficacité alimentaire (SZYLIT, DELORT-LAVAL et BORGIDA, 1974).

Le pressage à sec intervenant dans la fabrication de l'aliment modifie de façon notable l'accessibilité *in vitro* de l'amidon à l' α -amylase bactérienne, en accord avec les conclusions d'autres auteurs sur les amidons de céréales et de pommes de terre (MERCIER, CHARBONNIÈRE, GUILBOT, 1968).

Néanmoins, les résultats de l'amyolyse *in vitro* doivent être considérés avec réserve. En effet, alors que nos données concordent avec celles de FAVIER (1969), la même méthode ayant été utilisée, celles de RASPER (1969) font apparaître pour le manioc et le taro une inversion de leurs vitesses d'hydrolyse déterminées en utilisant des concentrations plus faibles en enzymes et en estimant, par mesure de pouvoir réducteur, les quantités de glucides formés en vingt heures. Par ailleurs, le comportement d'un amidon à une amyolyse *in vitro* n'est pas en relation simple ni avec la taille des grains, ni avec le type de son organisation cristalline.

Avec les tubercules considérés ici, ce test a donné des résultats en accord avec des mesures de disponibilité de leurs amidons pour la croissance *in vitro* de la microflore du rumen (DURAND *et al.*, 1975). Ces mesures attribuent la même valeur au manioc qu'à l'igname *dumetorum*, une valeur intermédiaire plus faible au canna, et une valeur beaucoup plus faible à l'igname *cayenensis*.

D'un point de vue uniquement nutritionnel, on constate que l'utilisation digestive de l'amidon conditionne en partie l'utilisation des protéines. Elle est particulièrement mauvaise avec l'igname *cayenensis* (29 p. cent) en raison de la faible consommation de l'aliment et de son utilisation digestive médiocre, vraisemblablement responsable d'une excrétion accrue d'azote métabolique. Il est d'ailleurs connu que l'utilisation des protéines varie avec la nature des glucides (HARPER, KATAYAMA et JELINEK, 1952; ZELTER, CHARLET-LERY, DELORT-LAVAL, 1966). Ainsi la quantité d'azote fécal excrétée par le rat (MASON, PALMER, 1973) n'est pas modifiée en substituant à l'amidon de riz d'autres amidons parfaitement digestibles (manioc, maïs). Par contre, l'amidon d'igname *alata*, que l'on peut apparenter à celui d'igname *cayenensis* (RASPER et COURSEY, 1967), par la taille de ses grains et son spectre de diffraction, provoque une augmentation considérable de l'azote fécal métabolique associée à une augmentation parallèle de l'acide diaminopimélique, qui est un acide aminé spécifiquement bactérien (MASON et PALMER, 1973). La présence d'amidon résiduel non digéré dans les premières parties de l'intestin entraînerait dans la partie distale un développement de la population bactérienne qui fixe l'azote disponible aux dépens de l'animal.

En conclusion, aucun des paramètres physico-chimiques considérés, taille de grain, organisation cristalline, teneur en amylose, sensibilité *in vitro* à une alpha-amyolyse, ne peut constituer à lui seul un critère de classement de la valeur nutri-

tionnelle d'un amidon. Tout au plus, avec les amidons étudiés, une petite taille de grain, un spectre de type A, une faible teneur en amylose, une bonne digestibilité *in vitro* sont autant de caractères laissant présumer une bonne valeur nutritionnelle sans qu'ils constituent cependant des critères absolus. Néanmoins, l'étude des tubercules tropicaux nous permet de nuancer les résultats obtenus à partir des amidons de maïs à taux d'amylose variés : les amidons de type B sont toujours moins digestibles *in vivo* que ceux de type A, mais l'efficacité alimentaire du tubercule est plus spécialement en liaison avec la vitesse d'amylolyse *in vitro* de l'amidon. Une étude poursuivie en utilisant des amidons extraits nous permettra de vérifier plus précisément l'effet spécifique de l'amidon.

En Europe, on ne connaît guère qu'un tubercule, la pomme de terre dont la valeur alimentaire est médiocre à l'état cru. Par contre, certains tubercules tropicaux, sont susceptibles, comme les céréales, d'être digérés sans cuisson préalable. Jusqu'ici, seul le manioc et la patate douce (*Ipomoea batatas*) ont été bien étudiés. Il serait d'un grand intérêt économique de rechercher parmi les nombreuses variétés de tubercules des régions tropicales humides, celles, qui sont utilisables en alimentation animale. La connaissance des caractéristiques physico-chimiques de leur amidon peut contribuer à cette sélection.

Accepté pour publication en août 1977.

Remerciements

Nous remercions M. VIROBEN (Laboratoire de Technologie des Aliments des Animaux) pour le dosage des acides aminés et M^{me} FARBER (Laboratoire de Technologie Alimentaire) pour les examens de microscopie.

Nous remercions M. GUILBOT de ses conseils pour la rédaction de cet article.

Summary

*Nutritional value, for the growing chicken
of five tropical amylaceous feeds in connection
with some characteristics of their starch*

The aim of this experiment on growing chickens was to estimate the feed efficiency of five tropical roots, according to the physico-chemical characteristics of their starch.

Starch of Cassava (*Manihot utilissima*), Taro (*Colocassia antiquorum*) and Yam *dumetorum* (*Dioscorea dumetorum*) is characterised by granules of small diameter (fig. 1a) and a X-ray diffraction pattern of the A type (fig. 2), and is therefore similar to starch of cereals. Canna (*Canna edulis*) and Yam *cayenensis* (*Dioscorea cayenensis*) have much larger starch granules (60-75 μ) (fig. 1b) with a high amylose level (26 p. cent) and a X-ray pattern (fig. 2) of the B type as potato starch.

In vitro breakdown of these starches in the presence of bacterial α -amylase from *B. subtilis* decreases in the following order : Cassava, Yam *dumetorum*, Taro, Canna, Yam *cayenensis* (fig. 3). Three-weeks old chickens received for 21 days a diet based on peanut meal and tropical tubers (table 2). Very slight differences were observed with the first four diets concerning the average weight gain (40, 36, 37 and 36 g per day, respectively), but the daily food intake was different (82, 83, 99 and 91 g per day). Consequently the best feed efficiency was obtained with Cassava diet (fig. 4 and table IV). The poorest growth (12 g per day) and the lowest feed intake (64 g per day) was recorded with the diet containing Yam *cayenensis*.

Starches with X-ray diffraction pattern of the A type were all completely digested (98 p. cent);

the digestibility of those of the B type was lower: 90 p. cent for the Canna and 69 p. cent for Yam *cayenensis*. For the latter, this lead to reduction of the level of protein utilisation (table 5). Similar results have been already obtained with high amylose maize starch which has also a X-ray diffraction pattern of the B type.

In conclusion, none of the physico-chemical or enzymatic parameters studied can be used as sole grading criterium for the nutritional value of a given starch. However, a starch granule with a small diameter, a low amylose content and a X-ray diffraction pattern of the A type are all favourable factors contributing to a good apparent digestibility of starch. In addition, it appears that feed efficiency of a tuber is more especially related to the rate of the *in vitro* amylolysis of starch.

Références bibliographiques

- ATINKPAHOUN H., 1972. Contribution à l'étude de la valeur nutritionnelle, pour le poulet de trois plantes tropicales; *Manihot utilisissima*, *Ipomoea batatas*, *Dioscorea cayenensis*. Thèse Doctorat 3^e cycle, Paris VI.
- BAKER F., NASR H., MORRICE F. et BRUCE J., 1950. Bacterial breakdown of structural starch products of the digestive tract of ruminants and non ruminants mammals. *J. Path. Bact.*, LXII, 617-638.
- BEMILLER J. N., 1964. Iodimetric determination of amylose in « *Methods in carbohydrate chemistry* », t. IV, R. L. WHISTLER, Ed Academic Press. — New York, Londres, 165-169.
- CHARBONNIERE R., MERCIER C., TOLLIER M. T. et GUILBOT A., 1968. Étude diffractométrique des amidons de maïs à teneur variable en amylose. *Stärke*, 20, 75-78.
- DURAND M., GUEGUEN L., PRIETO F., SZYLIT O., 1975. Effect of source of energy and minerals on microbial protein synthesis in the rumen using labelled sulfur as indicator. In « *Tracers studies on non-protein nitrogen for ruminants II* », I.A.E.A., Vienna, 29-42.
- EWERS, 1972. Dosage de l'amidon, méthode polarimétrique. *J.O. C.E.E.*, 15, L 123, 7-9.
- FAVIER J. C., 1969. Étude de la digestibilité *in vitro* de l'amidon de diverses plantes alimentaires du Sud Cameroun. Influence des transformations technologiques sur l'amidon du manioc. *Ind. Agri., Alim.* 86, 9-11.
- GALLANT D., 1974. Contribution à l'étude de la structure et de l'ultrastructure du grain d'amidon. Thèse de Doctorat Sciences Physiques, Paris.
- GALLANT D., MERCIER C., GUILBOT A., 1972. Electron microscopy of starch granules modified by bacterial α -amylase. *Cereal chem.*, 49, 403-354-365.
- HARPER A. E., KATAYAMA M. C. et JELINEK B., 1952. The influence of dietary carbohydrates on levels of amino acids in the feces of the white rat. *Can. J. Med. Sci.*, 30, 578-592.
- KAY D., 1973. *Roots Crop*. Tropical crop and product. Digest n° 2. London tropical product inst., 245.
- LANGWORTHY C. F. and DE UEL H. J., 1920. Digestibility of raw corn, potato and wheat starches. *J. Biol. Chem.*, 4, 2-27.
- MASON V. C., PALMER R., 1973. The influence of bacterial activity in the alimentary canal of rats on faecal nitrogen excretion. *Acta Agric. Scand.*, 23, 141-150.
- MASSON M. J., 1954. Microscopic studies of the gut flora of the hen, with special reference to the breakdown of starches. *10th World's Poult. Congr.*, Edinburg, 105-111.
- MERCIER C., 1968. Contribution à l'étude de la structure du grain d'amidon aux moyens de méthodes physiques et enzymatiques. Thèse Doctorat d'État-ès-Sciences, C.N.R.S., AO 2413.
- MERCIER C., CHARBONNIERE R. et GUILBOT A., 1968. Influence d'un traitement par pression sur la structure granulaire de différents amidons et sur leur sensibilité aux enzymes. *Stärke*, 20, 6-11.
- MOORE S., SPACKMANN D. H. et STEIN N. M., 1958. Chromatography of amino acids on sulfonated polystyrene resins. *Anal. chem.*, 30 (7), 1185-1190.
- N.A.R., 1974. Annotated bibliography n° 42. *Cassava*. Commonwealth Bureau of Nutrition, Bucksburn Aberdeen (England), 23 pp., 130 réf.
- PALISSE M. et BARATOU J., 1973. Le manioc et les patates douces, matières premières glucidiques pour le poulet de chair. *J. Rech. Av. Cunéi.*, 4, C1, 165-167.
- RASPER V., 1969. Investigations on starches from major starch crops grown in Ghana. II. Swelling and solubility patterns: amylolytic susceptibility. *J. Sci. Fd. Agric.*, 20, 642-646.

- RASPER V. et COURSEY D. G., 1967. Properties of starches of some West African Yams. *J. Sci. Ed. Agric.*, **18**, 240-244.
- SPLITTOESSER W. E., MARTIN F. W. et RHODES A. M., 1973. The amino acid composition of five species of yams (*Dioscorea*). *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **98** (6), 563-567.
- SQUISS R. L. et WYLD M. K., 1951. Effect of yuca meal in baby chick rations. *Turrialba*, **1**, 298-299.
- SZABUNIEWICZ M., 1953. Note sur quelques cultures fourragères au Katanga dans la région de Jadotville, Kolwezi et des Bianco; *Canna edulis*. *Bull. agric. Congo Belge*, **44** (3), 604-612.
- SZYLIT O., DELORT-LAVAL J. et BORGIDA L. P., 1974. Dégradation dans le jabot du coq et efficacité d'amidons de maïs à différents taux d'amylose sur la croissance du poulet. *Ann. Zootech.*, **23**, 253-265.
- TABOYOYONG T. T., 1935. The value of Cassava refuse meal in the ration for growing chick. *Philippine Agric.*, **24**, 509-518.
- TORRES A. P., 1935. A raspa da mandioca no alimentação dos gallinas. *Ann. Esc. Sup. Agric. Luiz Querioz*— Piracicaba, **3**, 329-338.
- VOGT H. et STUTE K., 1963. Prüfung von Tapiokamehl im Geflügelmast-Alleinfutter bei Beginn der Verabreichung in verschiedenen Altersstufen. *Archiv. für geflügelkunde*, **27**, 473-482.
- ZELTER S. Z., CHARLET-LÉRY G. et DELORT-LAVAL J., 1966. Influence de la fécule crue et cuite de pomme de terre sur les dépenses azotées métaboliques et endogènes et sur la valeur nutritionnelle d'un mélange équilibré de protéines chez le porc en croissance. *C. R. Acad. Agric. France*, 567-573.
-